Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 40- 50

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص.۵۰-۴۰

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir

Full Research Paper

Production of reduced fat muffins using soluble complex of egg white protein-xanthan gum oleogel based on foam molding

Reza Jaberi[1], Ahmad Pedram Nia[1], Sara Naji-Tabasi[*2], Amir Hossein Elhami Rad[1], Masoud Shafafi Zanozian[1]

Received: 2020.12.04
Accepted: 2021.02.13

How to cite this article:
Jaberi, R., Pedramnia, A., Naji-Tabasi, S., Elhami Rad, A. H., Shafafi Zanozian, M., (2022). Production of reduced fat muffins using soluble complex of egg white protein-xanthan gum oleogel based on foam molding. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. *18*(1), 40-50.

Abstract

Introduction: Fats are widely used in food formulations to improve nutrients and quality of food products. In recent years, consumer awareness of the relationship between diet and health has increased, which results in increasing concerns about fats in products, in terms of high levels of saturated fatty acids. Therefore, various attempts have been conducted to find appropriate method to produce solid fats with unsaturated fatty acid content. The production of low-fat cake is of special nutritional importance due to the effects of fats and the incidence of various diseases such as hypercholesterolemia and cardiovascular. In cake making, oil is very important, first of all, it has an effect on keeping the air in the cake dough. It causes porosity and increases the volume of the cake. The conversion of liquid oils to gel-like structures that have the properties of a solid fat (rheological properties, viscoelasticity, dispersibility, and softness) without using large amounts of saturated fats is an important development in the food industry, and structures produced by oleogelation are called oleogels. Therefore, the main purpose of this study was to produce low-calorie muffins by removing fat and replacing it with an oleogel system prepared from a soluble complex of xanthan gum and egg white by indirect foam molding.

Materials and Methods: First, aerogels were produced indirectly using egg white protein complex and xanthan gum, and then oleogel was produced by adsorption of oil. In this method, first, water suspensions containing 0.5 wt% of xanthan and 5 wt% of egg white protein were prepared. In the next step, the oleogel was used to produce muffin with reduced oil in three levels of 10, 30 and 50%. In this study, texture characteristics, color, porosity, water activity, moisture, specific volume of muffin samples were investigated. In the control sample, cake dough contained 100% wheat flour, 50% sugar powder, 30% liquid vegetable oil, 2% baking powder, 0.2% vanilla, 36% eggs and 12% invert syrup. To prepare samples containing oleogels, oil was removed and different concentrations of oil reduction at the level of 50, 30 and 10% in the formulation were added to each treatment.

Results and Discussion: Muffin with 10% reduced oil had the highest volume and density and had similar texture characteristics to the control sample. By reducing the amount of fat to 50% of the initial amount in muffin, the volume decreased and the firmness of the texture increased significantly ($p < 0.05$). The reduction of the percentage of porosity confirmed that the texture stiffness in higher values of substitution. The sensory evaluation showed that the 10% reduced oil sample had the highest consumer acceptance. According to the results of this study, it can be suggested that preparing muffins with oleogels can reduce the problems caused by fats, while improved sensory and qualitative properties and be produced as a functional food.

Keywords: Aerogels, Muffins, Structured oils, Unsaturated oils.

1. Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
2. Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.
(Corresponding author: s.najitabasi@rifst.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.67365.1000

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 40- 50

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص.۵۰-۴۰

مقاله علمی-پژوهشی

تولید مافین با روغن کاهش یافته با استفاده از اولئوژل کمپلکس محلول پروتئین سفیده تخم‌مرغ و صمغ زانتان به روش قالب‌گیری کف

رضا جابری[۱]- احمد پدرام‌نیا[۱]- سارا ناجی طبسی*[۲]- امیرحسین الهامی‌راد[۱]- مسعود شفافی زنوزیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده

روغن‌ها و چربی‌ها به‌منظور بهبود مواد مغذی و خصوصیات کیفی به‌طور گسترده در فرمولاسیون مواد‌غذایی مورد استفاده قرار می گیرند. درسال‌های اخیر، آگاهی مصرف کننده‌ها از رابطه بین رژیم غذایی و سلامتی افزایش‌یافته است که باعث افزایش نگرانی از نظر میزان اسیدهای چرب‌اشباع در محصولات غذایی شده‌است. بنابراین در این تحقیق استفاده از چربی جامد با محتوای اسیدهای چرب غیراشباع با استفاده از اولئوژل جهت تولید مافین با روغن کاهش‌یافته مورد بررسی قرارگرفت. ابتدا به روش غیرمستقیم قالب‌گیری کف با استفاده از کمپلکس پروتئین سفیده تخم‌مرغ و صمغ زانتان سیستم اولئوژل روغن کنجد تولید شد. سپس اولئوژل جهت تولید کیک مافین با روغن‌کاهش یافته در سه سطح ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد استفاده‌شد. در این مطالعه ویژگی های بافتی، رنگ، تخلخل، فعالیت آبی، رطوبت و حجم مخصوص نمونه‌های مافین مورد بررسی قرارگرفت. مافین با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته بیشترین حجم و دانسیته را داشت و از ویژگی‌های بافتی مشابه نمونه شاهد برخوردار بود. با کاهش میزان چربی به ۵۰ درصد مقدار اولیه حجم مافین کاهش و سفتی بافت افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار بود ($p<0/05$). نتایج ارزیابی حسی نشان‌داد که نمونه ۱۰درصد روغن کاهش یافته از بالاترین مقبولیت نزد مصرف‌کننده برخوردار است. با توجه‌به نتایج این پژوهش می‌توان بیان‌داشت با استفاده از سیستم اولئوژل ضمن مهار مشکلات ناشی از چربی می‌توان محصولات رژیمی فاقد کلسترول با خواص حسی و کیفی بهبودیافته و به‌عنوان یک غذای عملگرا تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: اولئوژل، روغن ساختاریافته، روغن غیراشباع، مافین.

مقدمه

صنعت نانوایی یکی از بزرگترین صنایع‌غذایی در تمام جهان است و محصولاتی از جمله کیک و کلوچه و بیسکوئیت به دلیل سهولت مصرف و ماندگاری بالا از پرطرفدارترین میان وعده‌های غذایی می‌باشند. کیک به‌عنوان یک منبع کالری‌زا حد واسط نان و بیسکوئیت قرار دارد. چهار ماده اولیه اصلی که برای تهیه کیک استفاده می‌شود شامل آرد، شکر، روغن و تخم مرغ است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵). در حقیقت خمیر کیک یک امولسیون روغن در آب است که در آن ذرات چربی به‌طور نامنظم در فاز آبی قرار گرفته‌اند (Wilderjans *et al*., 2013, Oh *et al*., 2018). در کیک‌سازی روغن اهمیت زیادی دارد، در درجه اول در نگهداری هوا در خمیر کیک تاثیر دارد، بدین ترتیب که ضمن عمل مخلوط‌کردن اجزای کیک به روش خامه‌ای‌کردن موجب محبوس شدن هوا در لابه‌لای خمیر کیک‌شده و در ادامه این هوای محبوس‌شده درهنگام پخت منبسط‌شده و سبب تخلخل و افزایش حجم بیشتر کیک می‌شود. علاوه بر این، روغن موجب تردی فرآورده و بهبود طعم آن می‌گردد. بدین‌صورت‌که روغن به‌صورت لایه‌هایی در بافت خمیر قرارگرفته و باعث کوتاه شدن رشته‌های گلوتنی می‌شود و آن را ترد می‌کند. روغن مورد استفاده در فرمول کیک حتما باید همراه با امولسیفایر مناسب به‌کار رود تا در بافت خمیر به‌خوبی پخش‌گردد. لستین موجود در زرده تخم‌مرغ افزوده‌شده به فرمول کیک به‌عنوان امولسیفایر عمل می کند (Manzocco *et al*., 2012).

در صنعت غذا یک روند رو به رشدی جهت تولید محصولات جدید با کاهش سطح اسیدهای چرب اشباع و ترانس ایجادشده‌است. مصرف سطوح بالایی از اسیدهای چرب اشباع و ترانس در رژیم‌غذایی به شدت تهدیدکننده سلامت انسان می‌باشد و باعث بروز بیماری‌های قلبی عروقی، چاقی و انواع سرطان می‌شود، صنعت غذا به دنبال جایگزین‌هایی برای اسیدهای چرب اشباع و ترانس و به

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.
۲- گروه نانوفناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.
(* نویسنده مسئول: s.najitabasi@ rifst.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.67365.1000

دنبال آن کاهش بروز بیماری‌های ناشی از آن می‌باشد (O'Sullivan et al., 2016).

تبدیل روغن مایع به ساختار ژل‌مانند که ویژگی‌های یک چربی جامد (خواص رئولوژیکی، ویسکوالاستیسیته، قابلیت پخش و نرمی) را بدون داشتن مقدار زیادی چربی‌های اشباع داشته باشند یک پیشرفت مهم در صنعت غذا است و ساختارهای تولید شده در نتیجه اولئوژلاسیون، اولئوژل نامیده می‌شود. روغن‌های گیاهی سالم در ماتریس‌های ژل‌مانند، جهت تشکیل عامل‌های روغنی حجم‌دهنده به‌عنوان راهکار جدیدی برای کاهش محتوای چربی‌های حیوانی و اشباع در محصولات غذایی عملگرا به‌کار گرفته شده‌است (Herrero et al., 2014; Panagiotopoulou; Ruiz-Capillas et al., 2013 et al., 2016). در صنعت غذا اولئوژل شبکه ژلی حاوی روغن‌های خوراکی مایع است. برای تولید اولئوژل نیاز به یک ترکیب ژل‌دهنده‌ای است که توانایی ایجاد شبکه سه‌بعدی برای به‌دام انداختن روغن‌های خوراکی را داشته‌باشند. از انواع ترکیبات ژل‌دهنده می‌توان صمغ‌ها، اتیل‌سلولز، مونو و دی گلیسریدها، فیتواسترول، اریزانول و موم‌ها را نام برد (Martins et al., Kim et al., 2017; 2018).

مطالعات گسترده‌ای جهت جایگزینی چربی جامد با ساختارهای اولئوژل صورت گرفته است. Jang و همکاران (۲۰۱۵) الئوژل روغن کلزا با موم کاندلیلا تهیه و به‌عنوان جایگزین شورتنینگ برای تولید کوکی با سطح بالایی از اسیدهای چرب اشباع نشده استفاده کردند. Mert و Demirkesen (۲۰۱۶) کاربرد بالقوه دو نوع اولئوژل مختلف حاوی واکس کارنوبا و موم کاندلیلا برای جایگزینی شورتنینگ کوکی‌ها را بررسی کردند. Moriano و Alamprese (۲۰۱۷) استفاده از ارگانوژل‌های روغن آفتابگردان ساخته شده با ۱۳ فیتوسترول وγ اریزانول به‌عنوان جایگزین چربی شیر در بستنی را ارزیابی کردند.

پلی‌ساکاریدها به‌صورت جداگانه یا در ترکیب با هم می‌توانند برای ایجاد ساختارهای ژلی گوناگون که مناسب تثبیت قطرات روغن هستند استفاده شوند و به‌عنوان عامل‌های حجم‌دهنده روغنی عمل نمایند (Ruiz-Capillas et al., 2013). ساختارهای اولئوژل تهیه‌شده بر پایه پلیمرها دارای پایداری بالاتری است، از این‌رو در محصولات پخت می‌تواند ساختار مناسب‌تری ایجاد نماید. یکی از روش‌های تولید اولئوژل استفاده از یک کرایوژل متخلخل از یک پلیمر حلال در آب از طریق قالب‌گیری کف است. در تحقیقی از فعالیت سطحی هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز به‌منظور تشکیل قالب کرایوژل متخلخل استفاده‌شد. این ساختار متخلخل دارای خاصیت جذب روغن بوده که بعد از اعمال برش به اولئوژلی با خواص رئولوژی جدید تبدیل شد (Patel et al., 2013). خواص پلی‌ساکاریدهایی که به‌عنوان عامل‌های حجم‌دهنده در سیستم‌های ساختاریافته به‌کار می‌روند با مخلوط‌کردن آنها با سایر بیوپلیمرها به‌ویژه پروتئین‌ها بهبود می‌یابد. از این‌رو هدف اصلی این تحقیق تولید مافین کم‌کالری از طریق حذف چربی جامد و جایگزینی آن با سیستم اولئوژلی تهیه‌شده از کمپلکس محلول صمغ زانتان و سفیده تخم‌مرغ به روش غیرمستقیم قالب کف بود.

مواد و روش‌ها

آرد مورد استفاده در این پژوهش از کارخانه آرد پیشگام، مشهد تهیه شد. درجه استخراج آرد ۸۷ درصد و مشخصات آن (گلوتن مرطوب ۲۶/۷ درصد، پروتئین ۱۰/۸ درصد، خاکستر ۰/۷۹ درصد و رطوبت ۱۰/۵۲ درصد) بود (AACC, 2000). همچنین سایر مواد‌مصرفی در تولید کیک شامل شکر سفید (محسن، کرج، ایران)، روغن کنجد (لادن، تهران، ایران) و پودر پخت تخم‌مرغ و وانیل از فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری‌شد. شربت اینورت هم مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۲۵ تهیه‌شد. صمغ زانتان از شرکت سیگما آلدریچ و پودر سفیده تخم‌مرغ از شرکت تلاونگ خریداری گردید.

روش تهیه اولئوژل

اولئوژل به روش غیرمستقیم از قالب‌گیری کف در شرایط بهینه براساس روش جابری و همکاران (۲۰۲۰) تولید شد. ابتدا سوسپانسیون‌های آبی حاوی ۰/۵ درصد (وزنی/ وزنی) از زانتان و ۵ درصد (وزنی/ وزنی) سفیده تخم‌مرغ تهیه و نسبت ۵۰:۵۰ از هر دو به آرامی در دمای اتاق و به‌وسیله همزن با هم مخلوط‌شدند. سپس سوسپانسیون همگن در فریزر درایر (Operon-FDU-8606) خشک گردیدند. نمونه‌ها به‌منظور به‌دست‌آوردن آئروژل‌های متخلخل و خشک به مدت ۴۸ ساعت تحت دمای (۶۰- درجه‌سانتی‌گراد) قرارگرفتند، سپس نمونه‌های آئروژل به مدت ۲۴ ساعت در روغن کنجد در دمای محیط (۲۰ درجه‌سانتی‌گراد) به حالت تعلیق درآمد تا روغن کاملا جذب‌شد، سپس همزدن نمونه انجام‌گرفت تا آئروژل به ساختار اولئوژل تبدیل شود.

تهیه مافین

در نمونه شاهد خمیر کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، ۵۰ درصد پودر شکر، ۳۰ درصد روغن نباتی مایع، ۲ درصد پودرپخت، ۰/۲ درصد وانیل، ۳۶ درصد تخم‌مرغ و ۱۲ درصد شربت اینورت بود. خمیر کیک به روش دو مرحله‌ای، ابتدا روغن، پودر شکر و تخم‌مرغ با استفاده از یک همزن‌برقی به مدت ۳ دقیقه مخلوط سپس آب و در آخر آرد و پودرپخت اضافه و خمیر بدست آمده با استفاده از یک قیف به میزان ۴۰ گرم درون کاغذهای مخصوص مافین ریخته و عمل پخت در فر

طبقه‌ای (صنایع پخت، مشهد) در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام‌شد. پس از سردشدن هریک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط (۲۵ درجه‌سانتی‌گراد) نگهداری شدند. برای تهیه نمونه‌های مافین با روغن کاهش‌یافته (۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد کاهش روغن)، روغن از فرمولاسیون حذف شد و سیستم اولئوژل در تولید مافین جهت ایجاد درصد روغن مدنظر مورد استفاده قرار گرفت.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی مافین

خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های مافین پس از تولید و سردشدن مورد ارزیابی قرار گرفتند. رطوبت مافین مطابق استاندارد AACC (۲۰۰۰) تعیین گردید. اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه واتراکتیویتی‌متر (Novasina ms1-aw, Axair Ltd، سوئیس)، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۲ ساعت بعد از پخت انجام شد. برای اندازه‌گیری حجم از روش جایگزینی دانه کلزا مطابق استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۰۲-۱۵-۴۴ استفاده شد و حجم مخصوص از تقسیم حجم به وزن محاسبه گردید.

آنالیز بافت

برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی بافت از آزمون آنالیز پروفایل بافت (TPA) استفاده‌شد. نمونه‌های مافین از پوشش خارج شده و به صورت صفحه‌ای با ضخامت ۱۵میلی‌متر و قطر ۴۰ میلی‌متر برش‌زده و در دمای اتاق تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه با یک مکانیسم دو مرحله‌ای فشرده‌شد. از سرعت معادل ۱ میلی‌متر بر ثانیه استفاده و شاخص‌های بافتی شامل سختی، چسبندگی، پیوستگی، قابلیت جویدن و فنریت در اولین و دومین مرحله فشردن مورد ارزیابی قرار گرفت (Oh *et al.*, 2017).

آنالیز رنگ

تغییرات رنگ پوسته کیک با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Colorimeter، WF-30، Iwave، چین) اندازه‌گیری شد. این دستگاه جهت اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی *L، *a و *b به‌کار می‌رود. *L نشان‌دهنده روشنایی می‌باشد که بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. پارامترهای *a از سبز تا قرمز و *b از آبی تا زرد اجزای رنگی می‌باشند که بین۱۲۰- تا ۱۲۰ متغیر هستند (Psimouli, & Oreopoulou, 2012).

تخلخل

برای ارزیابی تخلخل مافین از روش پردازش‌تصویر استفاده‌شد. بدین‌منظور قطعه به ابعاد ۴× ۴ سانتی‌متر از قسمت میانی مغز مافین بریده و عکس آن به‌وسیله دوربین عکس‌برداری (Canon، D3220) تصویربرداری شد. به وسیله نرم‌افزار ImageJ و با فعال کردن قسمت ۸ بیت، به‌صورت تصاویر خاکستری درآمده و سپس با فعال کردن گزینه دودویی نرم‌افزار تصویر به‌صورت نقاط تیره و روشن در آمد که محاسبه نسبت نقاط روشن به نقاط تیره به‌عنوان شاخص میزان تخلخل مافین محاسبه شد (Wilderjans *et al.*, 2008).

خصوصیات حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی مافین توسط ۱۵ نفر ارزیاب آموزش‌دیده با استفاده از آزمون امتیازدهی و به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام‌شد. صفاتی که در این آزمون مورد ارزیابی قرارگرفت شامل رنگ، عطر، طعم، پوکی و تخلخل مغز مافین، قابلیت جویدن و پذیرش کلی بود.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح ساده با آرایش کاملا تصادفی و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد انجام‌گرفت. برای مقایسه میانگین و رسم نمودارها به‌ترتیب از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

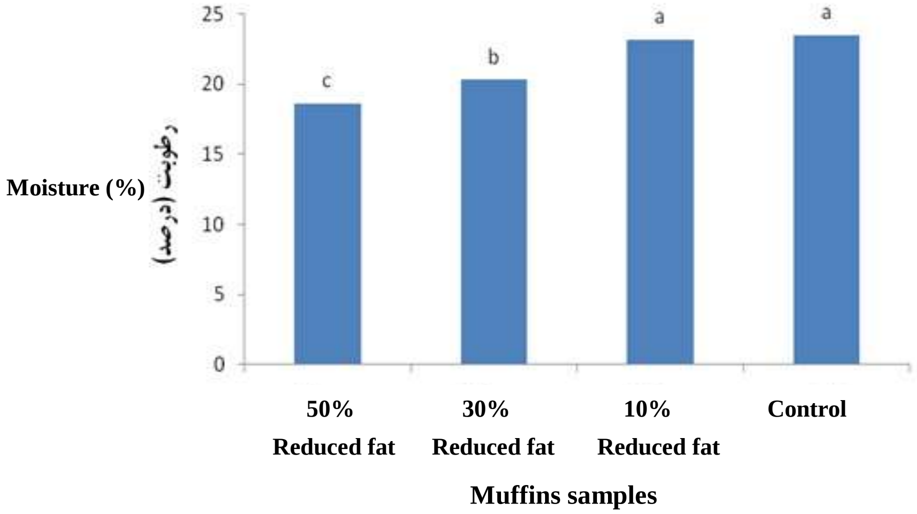
میزان فعالیت آبی و رطوبت مافین تهیه شده با اولئوژل

نتایج جایگزینی اولئوژل با روغن در فرمولاسیون کیک نشان داد که با افزایش میزان اولئوژل میزان رطوبت نمونه‌های کیک بیشتر شد. بطوریکه در نمونه ۵۰ درصد چربی کاهش یافته در مقایسه با نمونه شاهد میزان رطوبت از همه کمتر بود، اما با افزایش میزان جایگزینی اولئوژل در نمونه ۱۰ درصد چربی کاهش‌یافته میزان رطوبت نمونه‌های کیک افزایش و مشابه با نمونه شاهد شد.

رطوبت مواد غذایی بیانگر کیفیت موادغذایی بویژه محصولات پخت است و مرطوب بودن یکی از شاخص‌های مطلوب در کیک می‌باشد؛ به‌طوری که کاهش محتوای رطوبتی کیک، موجب ایجاد بافتی سفت‌تر و خشک‌تر شده، در حالی که حفظ و نگهداری آب در کیک باعث نرمی بافت کیک و تعویق بیاتی آن می‌شود (Mert, & Demirkesen 2016). میزان رطوبت محصول غذایی به ظرفیت آن در جذب آب بستگی دارد. حفظ رطوبت نمونه‌های کیک تهیه‌شده با اولئوژل‌ها در طول مدت پخت می‌تواند به قابلیت اولئوژل‌ها در جذب و به‌دام انداختن مولکول‌های آب مرتبط باشد.

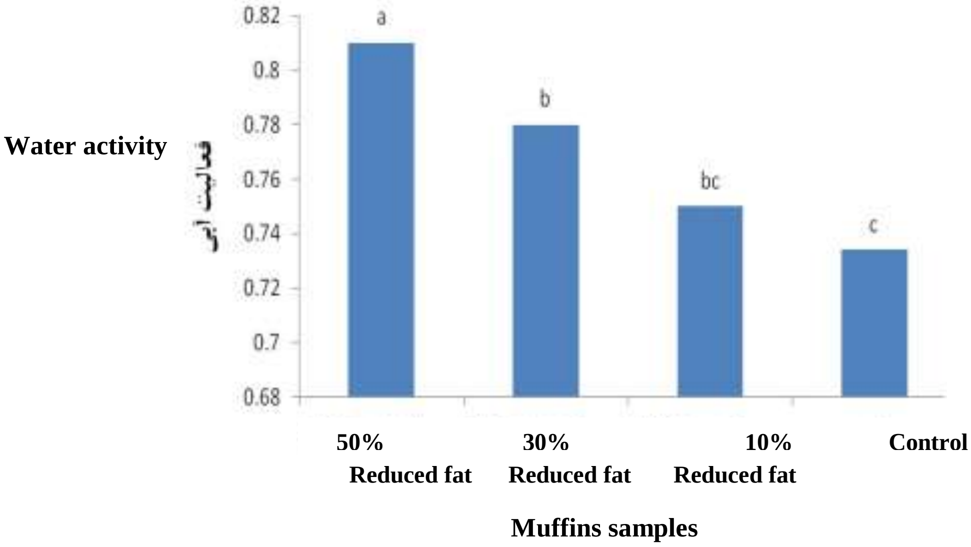
دلیل افزایش محتوای رطوبت نمونه‌های حاوی اولئوژل، قدرت بالای صمغ زانتان در جذب رطوبت و نگهداری آن در حین فرآیند پخت می‌باشد. همچنین بیان شده است، اولئوژل‌ها سبب حفظ و

نگهداری رطوبت در بافت کیک شده و از مهاجرت رطوبت و انتقال آن به رشته‌های نشاسته جلوگیری می‌کنند (Lim *et al.*, 2017).



شکل ۱- اثر سطوح مختلف اولئوژل بر میزان رطوبت مافین‌ها

Fig. 1. Effect of different levels of oleogels on the moisture content of muffins



شکل ۲- اثر سطوح مختلف اولئوژل بر میزان فعالیت آبی مافین

Fig. 2. Effect of different levels of oleogels on the water activity of muffins

میزان فعالیت آبی فاکتور بسیار مهمی است که بر رشد میکروارگانیسم تاثیر می‌گذارد و اهمیت ویژه‌ای در ماندگاری محصولات پخت دارد. نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت آبی نشان داد که حذف روغن و جایگزینی اولئوژل، فعالیت آبی نمونه‌های مافین را افزایش داد. اما با بیشترشدن درصد اولئوژل در مافین میزان فعالیت آبی نمونه‌ها کاسته شد (نمونه با ۱۰ درصد کاهش روغن)، به‌طوریکه بیشترین میزان فعالیت آبی در نمونه با ۵۰ درصد روغن کاهش یافته بود. کمترین میزان فعالیت آبی ۰/۷۳ مربوط به نمونه کنترل بود که فاقد اولئوژل است. میزان فعالیت آبی در نمونه ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته، ۰/۷۶ بود که این عدد نزدیک به نمونه شاهد بود و تفاوت معنی‌داری با آن نداشت. نتایج به‌دست آمده از رطوبت و فعالیت آبی نشان می‌دهد تولید کیک در نمونه ۱۰ درصد روغن کاهش یافته می‌تواند ماندگاری مشابه با کیک شاهد داشته‌باشد. قابلیت بالای نگهداری آب به‌دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ استفاده‌شده در اولئوژل می‌باشد. ترکیبات ژل‌دهنده نظیر هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون محصولات پخت به دلیل طبیعت آبدوست خود با آب برهم‌کنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند (Adili *et al.*, 2020) که

همین امر در افزایش جذب آب و کاهش میزان آب آزاد در نتیجه کاهش فعالیت آبی در محصول نهایی و در حین فرآیند پخت و نگهداری مؤثراست. Giacomozzi و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که مافین‌های حاوی اولئوژل در مدت ارزیابی به دلیل احتباس قوی‌تر آب در داخل ساختار سبب کاهش مقدار آب آزاد در مافین و افزایش زمان ماندگاری نمونه ها شدند.

میزان حجم مخصوص و تخلخل مافین

نتایج این پژوهش نشان داد که اضافه کردن اولئوژل به‌جای روغن در فرمولاسیون مافین در نمونه ۵۰ درصد چربی کاهش یافته سبب کاهش حجم مخصوص و افزایش دانسیته کیک شد. چربی نقش مهمی در هوادهی محصولات پخت دارد و در نتیجه بر حجم و بافت محصولات نهایی تأثیر می گذارد. ویسکوزیته مناسب خمیر حباب‌های هوا را در حین مخلوط کردن خمیر حفظ می کند و منجر به بهبود حجم محصول نهایی می‌شود (Sahi & Alava, 2003). با افزایش میزان جایگزینی اولئوژل میزان حجم مخصوص افزایش داشت. بطوریکه در نمونه مافین با ۱۰ درصد چربی کاهش‌یافته میزان حجم مخصوص نمونه کیک اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (P>۰/۰۵). نمونه با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته دارای بیشترین میزان روغن در سیستم اولئوژل می‌باشد و به این دلیل از نظر هوادهی و حجم مشابه نمونه شاهد می باشد.

البته لازم به ذکر است که مقدار حجم مخصوص در نمونه ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته حجم مخصوص مشابهی با نمونه کیک تهیه شده با روغن داشت. اولئوژل ها ضمن ایجاد مکانیسم تثبیت امولسیون کف، بر هوادهی کیک نیز موثر هستند (Kim *et al.*, 2017). Pehlivanoglu و همکاران (۲۰۱۸) در نتیجه پژوهش های خود نشان دادند که حجم کیک تهیه‌شده با اولئوژل با استفاده از روغن کتان و شورتنینگ از سایر نمونه‌های تولیدشده بالاتر است چون هوای بیشتری در خمیر این نمونه‌ها به دام می‌افتد. همچنین بیان شده استفاده از اولئوژل در کیک تأثیر زیادی بر میزان توزیع هوا در سیستم خمیر می گذارد (Ghotra *et al.*, 2002). Oh و Lee (۲۰۱۸) بیان کردند که حجم مخصوص مافین با جایگزین کردن شورتنیگ با اولئوژل HPMC کاهش می یابد که دلیل آنرا متراکم‌تر شدن ساختار مافین با جایگزینی اولئوژل و توانایی کمتر خمیر در حفظ هوا دانستند. اگر چه این محققان در نتایج خود نشان‌دادند که جایگزینی شورتنینگ ها با اولئوژل های HPMC تا ۵۰ درصد وزنی تأثیر منفی بر حجم مخصوص مافین ندارد. نتایج مشابه دیگری مبنی بر کاهش حجم مخصوص نمونه‌های کیک با جایگزینی شورتنیگ با اولئوژل های واکس کارنوبا (Kim *et al.*, 2017)، واکس سبوس برنج، واکس کاندلیلا (Mert & Demirkesen, 2019) گزارش شده‌است که در همه این مطالعات کاهش مقدار اولیه هوا و ظرفیت نگه‌داری آن طی پخت با افزودن اولئوژل ها به‌عنوان دلیل این پدیده ذکر شده است .

جدول ۱- اثر جایگزینی اولئوژل بر حجم مخصوص و دانسیته مافین

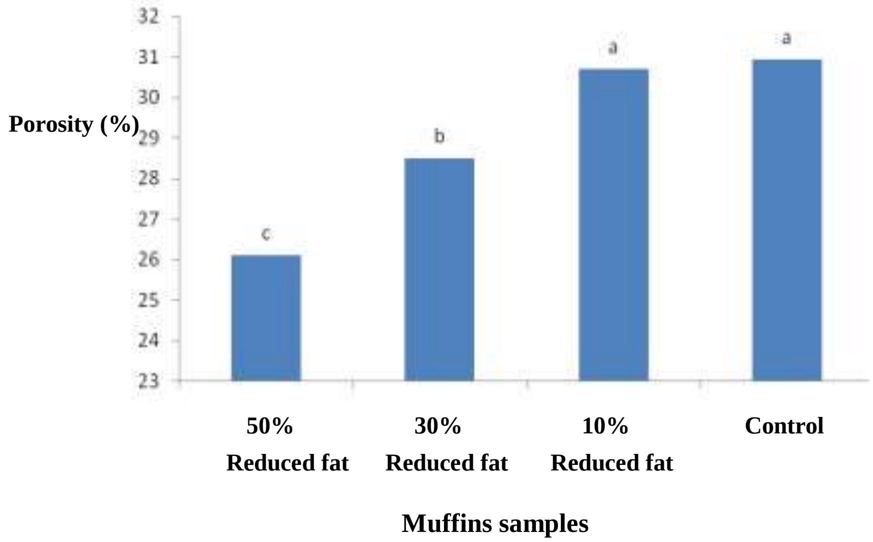
Table 1- Effect of oleogels replacement on specific volume and density of muffin.

Samples نمونه	Specific volume (ml/g) حجم مخصوص	Density (g/cm3) دانسیته
Control شاهد	26.32±0.50 [a]	0.16±0.04 [d]
۵۰٪ چربی کاهش یافته 50% reduced fat	14.35±0.20 [c]	0.34±0.00 [a]
۳۰٪ چربی کاهش یافته 30% reduced fat	19.56±0.20 [b]	0.23±0.00 [b]
۱۰٪ چربی کاهش یافته 10% reduced fat	25.36±0.61 [a]	0.18±0.16 [c]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

شکل ۳، درصد تخلخل را در نمونه‌های مختلف مافین نشان می‌دهد. درصدهای پایین اولئوژل سبب کاهش تخلخل نسبت به نمونه شاهد شد. بین حجم و تخلخل رابطه مستقیم وجود دارد. بنابراین با توجه به اینکه حجم با حذف روغن و جایگزینی اولئوژل کاهش می یابد، تخلخل نیز کاهش می‌یابد. کمترین تخلخل مربوط به تیمار ۵۰ درصد چربی کاهش یافته‌است که افزایش میزان اولئوژل در فرمولاسیون روغن سبب افزایش میزان تخلخل کیک شد. به‌طوریکه میزان تخلخل در نمونه با ۱۰ درصد چربی کاهش یافته نزدیک نمونه شاهد بود. تخلخل یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی بافت محصولات پخت مخصوصا کیک بوده و به‌طور کلی تابعی از تعداد حفرات موجود در مغز بافت این محصولات و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد (خیابانی و همکاران، ۱۳۹۹). به‌طوری‌که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر بوده و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته‌باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهدبود. با توجه به مطالعات گذشته، کاهش میزان تخلخل نمونه‌های کیک با جایگزینی روغن با اولئوژل‌ها را می‌توان به دو پدیده نسبت داد: الف) افزایش بیش از حد ویسکوزیته خمیر با افزودن اولئوژل‌ها که باعث اختلال در پذیرش بخشی از حباب‌های هوای

ورودی به بافت خمیر کیک طی فرآیند همزدن و همچنین عدم پخش یکنواخت آن می شود؛ ب) حذف اثر محافظتی کریستال های اسیدهای چرب اشباع بر حباب‌های هوای مغز بافت کیک با جایگزینی شورتنینگ توسط اولئوژل ها (Jang *et al.*, Hwang *et al.*, 2018 ; 2015). در فرمولاسیون عادی کیک کریستال های چربی لایه‌ای اطراف حباب های هوا ایجادکرده و باعث حفظ آن‌ها در طول مدت پخت می شوند، ولی با جایگزینی روغن با اولئوژل ها این اثر حفاظتی تا حدودی از بین رفته و در نتیجه باعث کاهش میزان تخلخل کیک می گردد، اما با افزایش میزان اولئوژل، اثر حذف روغن در فرمولاسیون جبران می شود.



شکل ۳-اثر سطوح مختلف اولئوژل بر درصد تخلخل مافین

Fig. 3. The effect of different levels of oleogels on the porosity of muffins.

جدول۲- اثر جایگزینی اولئوژل بر ویژگی های مکانیکی بافت مافین

Table 2- The effect of oleogel replacement on the mechanical properties of muffin texture

Samples نمونه	Hardness (g) سفتی	Chewiness (g.s) قابلیت جویدن	Cohesiveness پیوستگی	Springiness (mm) فنریت	Adhesiveness (g.s) چسبندگی
Control شاهد	1079.84±79.99[b]	13111±76.79[a]	0.53±0.37[a]	22.91±0.96[b]	-0.92± 0.49 [ab]
50% reduced fat ۵۰٪ چربی کاهش یافته	1099.44±67.48[b]	11718±23.66[c]	0.46±0.27[a]	23.17±0.42[b]	-1.02± 0.08[b]
30% reduced fat ۳۰٪ چربی کاهش یافته	1174.92±29.85[b]	10398±5.67[d]	0.37±0.15[a]	23.92±0.05[b]	-1.50± 0.33[a]
10% reduced fat ۱۰٪ چربی کاهش یافته	1292.45±55.62[a]	11931±3.38[b]	0.37±0.23[a]	24.95±0.19[a]	-1.67± 0.10[a]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

ویژگی های بافتی

ویژگی‌های مکانیکی بافت یک مشخصه کیفی بسیار مهم در محصولات نانوایی از جمله کیک بوده و معیاری برای تعیین مدت زمان نگه‌داری محصول می‌باشد. چربی به‌عنوان یک ماده موثر در فرمولاسیون کیک، بافت را برای مدت زمان بیشتری نرم نگه‌داشته و اثرات ناشی از سفتی بافت را کاهش می دهد (Pehlivanoglu *et al.*, 2018). جدول ۲ نتایج حاصل ارزیابی پروفایل بافتی نمونه های مافین را نشان می‌دهد. جایگزینی روغن توسط اولئوژل باعث افزایش سفتی نمونه های مافین شد که می‌تواند به افزایش تراکم و کاهش تخلخل مربوط باشد. با این حال نمونه‌های مافین با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته سفتی نزدیک به نمونه شاهد داشت. با افزایش میزان اولئوژل بافت کیک مافین نرم‌تر و فنریت افزایش پیدا کرد. Oh و Lee (۲۰۱۸) بیان کردند که خصوصیات بافتی کلوچه تهیه‌شده با اولئوژل‌های HPMC تا ۵۰ درصد وزنی تأثیر منفی بر نرمی بافت و قابلیت جویدن نمونه های مافین نداشت.

همچنین نتایج بافت‌سنجی نشان‌داد که با کاهش سطح اولئوژل قابلیت ارتجاعی مافین کمتر و ساختار آن منسجم‌تر می‌شود. ساختار متراکم‌تر مافین تهیه‌شده از اولئوژل ناشی از حجم و تخلخل کمتر در این نمونه‌ها است. بررسی نتایج پیوستگی بافت کیک نشان‌داد که استفاده از اولئوژل به‌جای روغن تفاوت معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد در میزان پیوستگی ایجاد نمی‌کند. اما در میزان قابلیت‌جویدن نمونه‌های حاوی اولئوژل کاهش معنی‌داری مشاهده شد ($P<0.05$). Lim و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که اولئوژل‌ها با حفظ و نگهداری رطوبت در بافت کیک و جلوگیری از مهاجرت رطوبت و انتقال آن به رشته‌های نشاسته و کریستاله شدن آن‌ها، باعث نرم‌تر شدن بافت کیک می‌شوند. Ashok و همکاران (۲۰۱۴) نشان‌دادند که استفاده از اولئوژل در کیک سبب افزایش مقدار سفتی می‌شود که دلیل آن متراکم‌تر شدن ساختار با حذف روغن می‌باشد. مارگارین‌ها و شورتنینگ‌ها در فرمولاسیون کیک دارای مقدار زیادی کریستال چربی می‌باشد که با ایجاد سد از تشکیل شبکه گلوتن جلوگیری می‌کند. اما برخلاف سایر مطالعات، Naji-Tabasi و Mohebbi (۲۰۱۵) بیان کردند که استفاده از اولئوژل سبب بهبود نرمی کیک می‌شود که دلیل آنرا مربوط به ایجاد شبکه سه‌بعدی حاوی اسیدهای چرب موجود در اولئوژل دانستند که منجر به اختلاط بیشتر حباب هوا در خمیر کیک می‌شود.

آنالیز رنگ

نتایج رنگ‌سنجی پوسته مافین نشان‌داد که میزان پارامترهای رنگی به‌طور معنی‌داری با جایگزینی اولئوژل کاهش‌یافت ($P<0.05$) (جدول ۳). با این حال، میزان L* در نمونه با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته نزدیک نمونه شاهد بود. تفاوت معنی‌داری در پارامتر a* در بین نمونه‌ها مشاهده نشد. میزان پارامتر b* نمونه‌های مافین با جایگزینی اولئوژل با روغن روند افزایشی از خود نشان‌داد که نشان‌دهنده افزایش رنگ زرد پوسته مافین با استفاده از اولئوژل است. میزان پارامتر رنگ کیک به عوامل مختلفی از جمله برهمکنش‌ها و یا تغییرات اجزاء و تغییرات رنگ ایجادشده طی فرآیند بستگی دارد. به‌طوریکه رطوبت پوسته و وجود ترکیبات رنگی در فرمولاسیون از عوامل موثر بر رنگ پوسته هستند (Naji-Tabasi & Mohebbi, 2015). نتایج حاصل با مطالعات پیشین مطابقت‌داشت. مطالعات Oh و Lee (۲۰۱۸) در مورد تاثیر اولئوژل HPMC بر روی پارامترهای رنگی کیک نشان‌داد که مقدار L* در نمونه‌های حاوی اولئوژل‌های HPMC به‌طور قابل توجهی کاهش‌یافت، که نشانگر رنگ تیره‌تر در این نمونه‌ها است. اگرچه در سطح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری در قرمزی (a*) یا زردی (b*) با نمونه شاهد گزارش نکردند. Naji-Tabasi و Mohebbi (۲۰۱۵) نیز گزارش‌نمودند که میزان L* نمونه‌های پوسته کیک با جایگزینی ۵۰ درصد اولئوژل موم کارنوبا/ اسید آدیپیک کاهش می‌یابد اما در پارامتر a* و b* تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P>0.05$).

جدول ۳- اثر جایگزینی اولئوژل با روغن بر رنگ مافین.

Table 3- The effect of replacing oleogel with oil on muffin color

Samples نمونه	L*	a*	b*
شاهد Control	52.10±3.52[a]	17.24±0.62[a]	39.49±3.04[a]
۵۰٪ چربی کاهش یافته 50% reduced fat	45.12±2.82[d]	15.13±2.50[b]	37.18±3.8[b]
۳۰٪ چربی کاهش یافته 30% reduced fat	47.86±0.38[c]	16.69±0.38[ab]	38.75±1.69[ab]
۱۰٪ چربی کاهش یافته 10% reduced fat	50.31±4.87[b]	17.12±0.42[a]	39.29±2.88[a]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

خصوصیات حسی

جدول ۴ نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های کیک (نظیر رنگ پوسته، عطر، طعم، بافت، پوکی و تخلخل مغز نان، و قابلیت جویدن) را نشان می‌دهد. بررسی رنگ، عطر، طعم و قابلیت‌جویدن تفاوت چشمگیری باهم نداشتند. اگرچه قابل ذکر است که نمونه ۱۰ درصد چربی کاهش یافته امتیازی نزدیک به نمونه شاهد داشت. همچنین نمونه شاهد و نمونه ۱۰ درصد چربی کاهش‌یافته از نظر بافت نیز در یک سطح مقبولیت قرار داشتند ($P<0.05$). نمونه ۱۰ درصد چربی کاهش‌یافته بیشترین امتیاز پوکی و تخلخل را توسط ارزیابان کسب نمود (۴±۰/۶۳) ($P<0.05$) که این خود نشان‌دهنده تاثیر مثبت افزایش میزان اولئوژل بر پوکی و تخلخل بافت کیک است. بر اساس این نتایج، مقبولیت حسی نمونه‌های مافین تهیه شده با اولئوژل‌ها در تمامی نمونه‌ها قابل قبول بود (پذیرش کلی در تمام نمونه‌ها بیشتر از ۳ بود). اما نمونه کیک تهیه شده با ۱۰ درصد چربی کاهش‌یافته بر پایه اولئوژل مقبولیت حسی مشابه نمونه شاهد را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد اولئوژل به‌عنوان

جایگزین روغن در فرمولاسیون کیک اثر منفی بر پارامترهای حسی کیک نداشت.

نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات پیشین مطابقت داشت. در مطالعه Pehlivanoglu و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده‌است که جایگزینی شورتنینگ با اولئوژل مبتنی بر واکس کارنوبا اثرات نامطلوبی بر خصوصیات حسی نمونه‌های کیک نداشته و نمونه‌های مذکور دارای پذیرش حسی قابل قبولی بودند. Ashok و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی نتایج خواص حسی کیک اسفنجی تولید شده با اولئوژل بیان کردند که نتایج آزمون حسی (احساس دهانی، رنگ، طعم و ظاهر) مشابه با نمونه شاهد بوده و تنها از نظر پوکی، اندازه حفرات و توزیع سلول‌های هوا امتیاز کمتری داشتند. این نتایج بیانگر قابلیت استفاده از سیستم اولئوژل به عنوان جایگزین شورتنینگ‌ها در کیک است.

جدول٤- اثر جایگزینی اولئوژل بر خصوصیات حسی مافین.

Table 4- The effect of oleogel substitution on the sensory properties of muffins

Samples نمونه	Flavour طعم	Texture بافت	Porosity تخلخل	Overall acceptance پذیرش کلی
Control شاهد	4.00±0.40^{a}	4.00±0.63^{a}	4.20±0.54^{a}	4.40±0.40^{a}
50% reduced fat ۵۰٪ چربی کاهش یافته	3.80±0.53^{b}	3.70±0.51^{c}	3.30±0.51^{c}	3.60±0.51^{c}
30% reduced fat ۳۰٪ چربی کاهش یافته	3.80±0.51^{b}	3.90±0.63^{a}	3.80±0.40^{b}	4.00±0.63^{b}
10% reduced fat ۱۰٪ چربی کاهش یافته	4.00±0.63^{a}	4.00±0.75^{a}	4.00±0.63^{a}	4.30±0.57^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که می‌توان با استفاده از سیستم اولئوژل کمپلکس پروتئین سفیده تخم‌مرغ و صمغ زانتان میزان روغن کیک مافین را با حفظ ویژگی‌های کیفی و بافتی محصول کاهش‌داد. بیشترین حجم و دانسیته در نمونه مافین تولید شده با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته حاصل گردید. بافت، رطوبت و فعالیت آبی نمونه مافین با ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته مشابه نمونه شاهد بود که به مقدار بیشتر اولئوژل در فرمولاسیون این تیمار مربوط بود. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان‌داد که نمونه ۱۰ درصد روغن کاهش‌یافته دارای بیشترین پذیرش کلی است که با کاهش درصد چربی به ۵۰ درصد امتیاز پارامترهای حسی کاهش معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان پیشنهاد کرد تهیه مافین با جایگزینی اولئوژل با روغن ضمن مهار مشکلات ناشی از چربی و کاهش کلسترول، محصول رژیمی با خواص حسی و کیفی مطلوب سالم تولید نمود.

منابع

1. AACC. 2000. Approved methods of the AACC (10th ed.). St. Paul: The American Association of Cereal Chemists.
2. Adili, L., Roufegarinejad, L., Tabibiazar, M., Hamishehkar, H., & Alizadeh, A. (2020). evelopment and characterization of reinforced ethyl cellulose based oleogel with adipic acid: Its application in cake and beef burger. LWT, 109277. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109277
3. Ashok R. Patel, Pravin S. Rajarethinem,a Agnieszka Gre¸dowska,a Ozge Turhan, Ans Lesaffer,b Winnok H. De Vos,cd Davy Van de Wallea and Koen Dewettincka .(2014). Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes Food Funct. 5, 645–652.
4. Demirkesen, I., &Mert, B. (2019). Recent developments of oleogel utilizations in bakery products. Critical reviews in food science and nutrition, 1-20. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649243
5. Ghotra, B. S., Dyal, S. D., & Narine, S. S. (2002). Lipid shortening: A review. Food Research International, 35(10), 1015–1048. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00163-1
6. Giacomozzi, A. S., Carrín, M. E., &Palla, C. A. (2018). Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: From solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *Journal of food science*, *83*(6), 1505-1515. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14174
7. Herrero, A. M., Carmona, P., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2014). Polysaccharide gels as oil bulking agents: Technological and structural properties. *Food Hydrocolloids*, *36*, 374-381. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.008

8. Hwang, H. S., Gillman, J. D., Winkler- Moser, J. K., Kim, S., Singh, M., Byars, J. A., & Evangelista, R. L. (2018). Properties of oleogels formed with high- stearic soybean oils and sunflower wax. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *95*(5), 557-569. https://doi.org/10.1002/aocs.12060
9. Jaberi, R., Pedram Nia, A., Naji- Tabasi, S., Elhamirad, A. H., & Shafafi Zenoozian, M. (2020). Rheological and structural properties of oleogel base on soluble complex of egg white protein and xanthan gum. *Journal of Texture Studies*, *51*(6), 925-936. https://doi.org/10.1111/jtxs.12552
10. Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. Food chemistry, 187, 525-529. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.110
11. Kim, J. Y., Lim, J., Lee, J., Hwang, H.-S., & Lee, S. (2017). Utilization of Oleogels as a Replacement for Solid Fat in Aerated Baked Goods: Physicochemical, Rheological, and Tomographic Characterization. *Journal of Food Science, 82*(2), 445-452. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13583
12. Lim, J., Hwang, H. S., & Lee, S. (2017). Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels: rheological, thermal, and oxidative properties. Applied Biological Chemistry, 60(1), 17-22. https://doi.org/10.1007/s13765-016-0243-y
13. Manzocco, L., Anese, M., Calligaris, S., Quarta, B., & Nicoli, M. C. (2012). Use of monoglyceride hydrogel for the production of low fat short dough pastry. *Food Chemistry*, *132*(1), 175-180. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.049
14. Marand, M. A., Amjadi, S., Marand, M. A., Roufegarinejad, L., & Jafari, S. M. (2020). Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. Powder Technology, 359, 76–84. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.09.082
15. Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: An opportunity for fat replacement in foods. *Food & function*, *9*(2), 758-773. https://doi.org/10.1039/C7FO01641G
16. Moriano, M. E., & Alamprese, C. (2017). Organogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. *LWT*, *86*, 371-376. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.034
17. Naji-Tabasi, S., & Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, *9*(1), 110-119.
18. Oh, I. K., Amoah, C., Lim, J., Jeong, S., & Lee, S. (2017). Assessing the effectiveness of wax-based sun fl ower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. LWT – Food Science and Technology, 86, 430–437. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.021
19. Oh, I.K., Lee, S. (2018). Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins.Food Hydrocolloids 77, 796−802. https://doi.org/10.1016/.j.foodhyd.2017.11.022
20. O'Sullivan, C. M., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2016). Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: Composition and structural design considerations. *Trends in Food Science & Technology*, *57*, 59-73. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.018
21. Panagiotopoulou, E., Moschakis, T., & Katsanidis, E. (2016). Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages. *LWT*, *73*, 351-356. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.006
22. Patel, A. R., Remijn, C., Heussen, P. C., den Adel, R., & Velikov, K. P. (2013). Novel low- molecular- weight- gelator- based microcapsules with controllable morphology and temperature responsiveness. *ChemPhysChem*, *14*(2), 305-310. https://doi.org/10.1002/cphc.201200942
23. Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S., &Sagdic, O. (2018). Investigating the usage of unsaturated fatty acid- rich and low- calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. Journal of food processing and preservation, 42(6), e13621. https://doi.org/10.1111/jfpp.13621
24. Psimouli, V., &Oreopoulou, V. (2012). The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(1), 99-105. https://doi.org/10.1002/jsfa.4547
25. Ruiz-Capillas, C., Carmona, P., Jiménez-Colmenero, F., & Herrero, A. M. (2013). Oil bulking agents based on polysaccharide gels in meat batters: A Raman spectroscopic study. *Food Chemistry*, *141*(4), 3688-3694. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.043
26. Sahi, S. S., & Alava, J. M. (2003). Functionality of emulsifiers in sponge cake production. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83 (14), 1419–1429. https://doi.org/10.1002/jsfa.1557
27. Tabibiazar, M., Roufegarinejad, L., Hamishehkar, H., & Alizadeh, A. (2020). Preparation and characterization of carnauba wax/adipic acid oleogel: A new reinforced oleogel for application in cake and beef burger. *Food Chemistry*, *333*, 127446. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127446

28. Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in food science & technology*, *30*(1), 6-15. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.001
29. Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J.A. 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten–starch blends. Food Chemistry, 110(4):909-915. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.079